

SuperB-IFR Detector

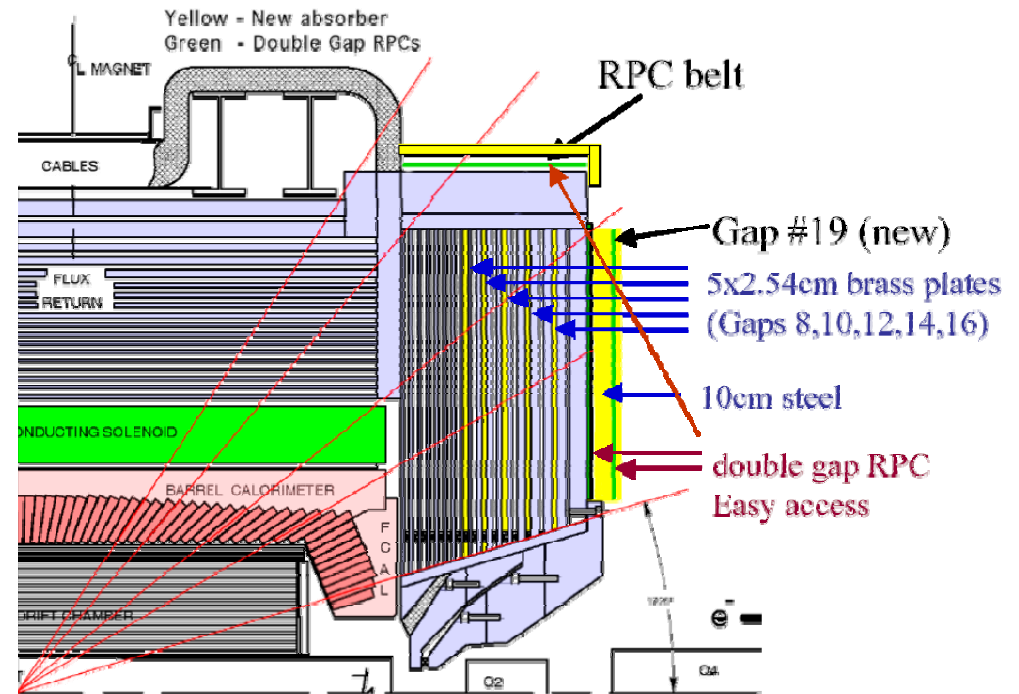
Roberto Calabrese

Università e INFN - Ferrara

Incontro con i referee della Commissione I - settembre 2008

The IFR for Super B

- The **muon** detector is build in the magnet flux return.
- It will be composed by one hexagonal **barrel** and **2 endcaps** like in Babar.
- Plan to reuse BaBar iron structure

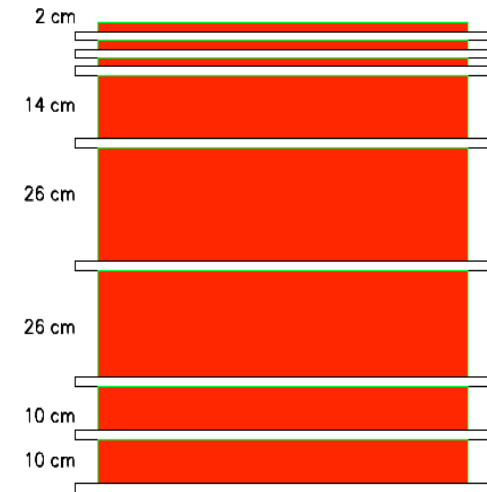


- Backgrounds will be problematic for gas detectors - rates $O(100 \text{ Hz/cm}^2)$

→ Use scintillation bars with WLS fiber

IFR requirements for Super B

- Add iron to BaBar stack to improve μ ID:
 - ➔ 8 detection layers should be enough
- Keep longitudinal segmentation in front of stack to retain K_L ID capability.

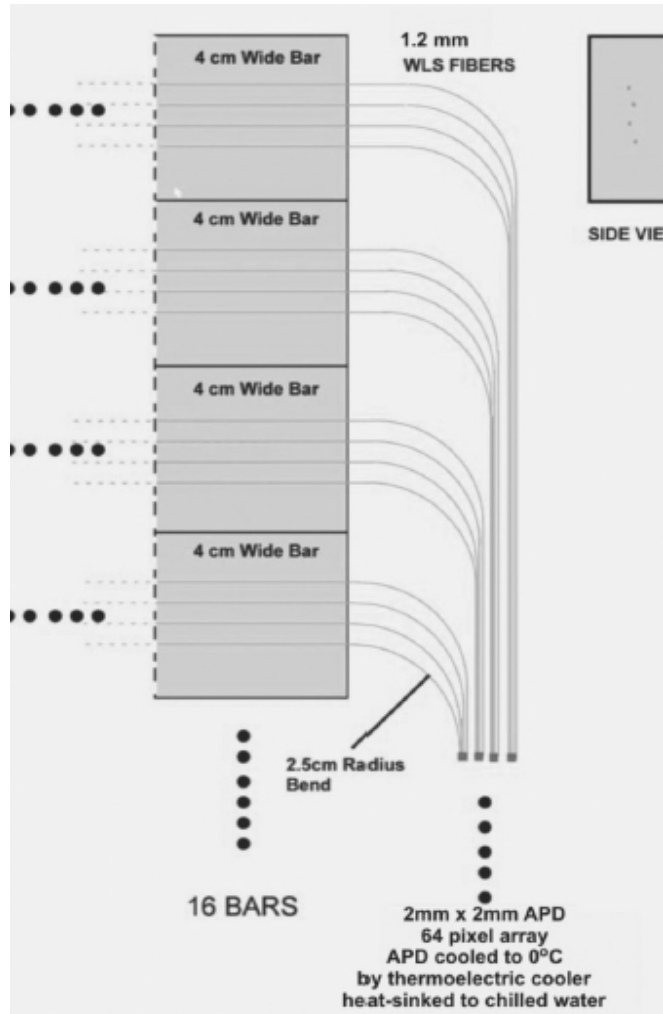


A possible layer configuration

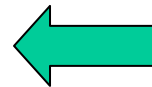
Need to optimize:

- Scintillation bars geometry
- Number of active layers
- Where and how much iron we need to add

The CDR style IFR



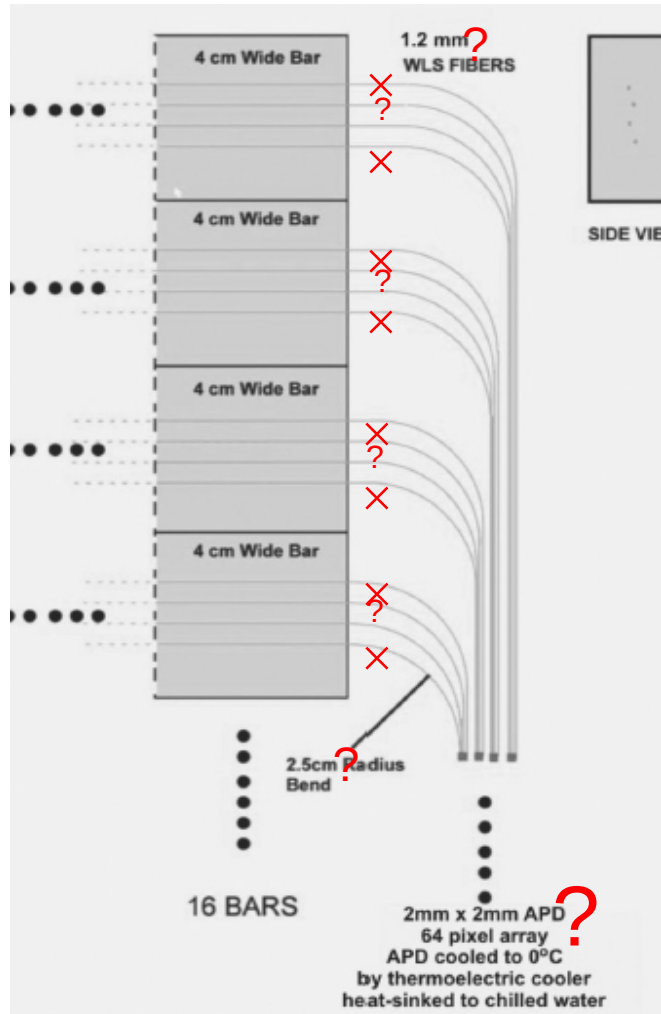
- This technology was proposed also as replacement of the BaBar barrel.
- One coordinate will be measured by the position of the scintillation bar.
- The other coordinate by measuring the time at both end of the bar.
- Need input from simulation and background evaluation.
 - Time resolution and spatial segmentation
 - Number and location of active layers.
- Need full simulation of the detector, reconstruction code and muon selectors.



From CDR: possible 4 fibers readout

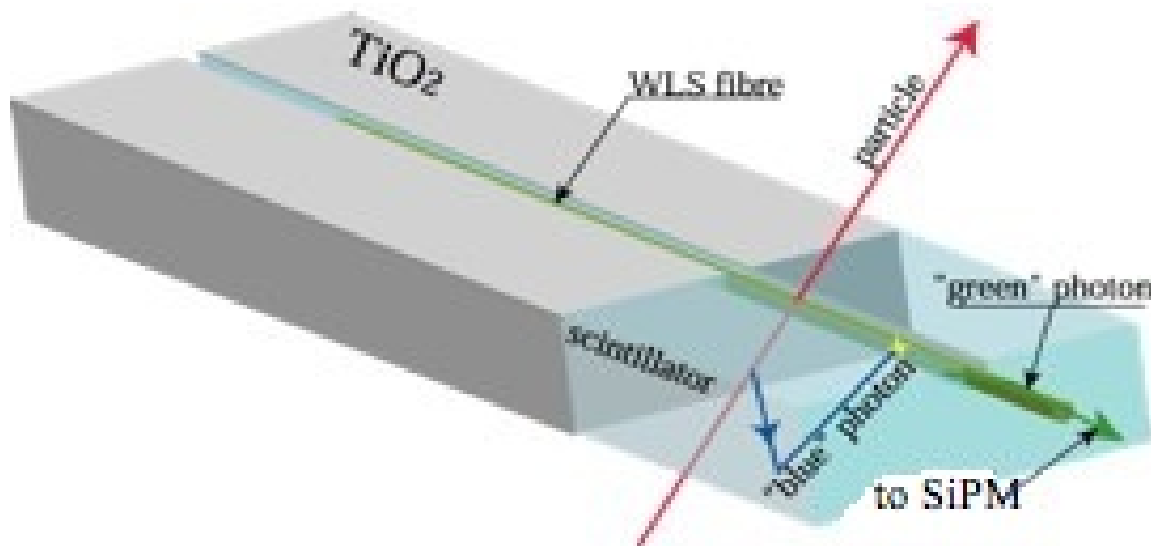
Evolution from CDR

- Some of the questions that we need to answer for TDR

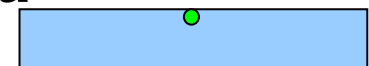
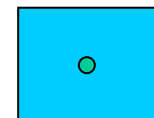


- Number of fibers per scintillation bar: may be only one or two.
- WLS fiber diameter (1 mm), shape decay time, ...
- Use Geiger Mode APDs instead of APDs
- What is the best mechanical design
- What electronics
- Read one or two side of the scintillator

The scintillator bars



- In contact with **FNAL-NICADD** facility
- Various candidates:
- We have some spares from Minos and Itasca company that we are using for R&D
- In 2009 we need to make our own prototype.



The WLS fibers

- **Kuraray Y11-300** $\Phi=1.0$ mm, round, double cladding
 - Trapping efficiency = 5.4%
 - Attenuation Length ~ 3.5 m
 - Emission peak: 476 nm
- Possible alternatives:
 - Different diameter/dopant concentration: increase the light yield
 - Square shape: higher trapping efficiency ($\sim +30\%$)
 - **Bicron BCF-92** fibers (round multiclاد):
 - Trapping efficiency = 5.6%
 - Attenuation Length ~ 3.5 m
 - Emission peak: 492 nm
 - Decay time: 2.7 ns (Y11-200 is ≈ 10 ns), faster $\rightarrow$ better time resolution

Fiber readout: APDs vs Geiger mode APDs

- **APD:**

- For BaBar R&D was considered the model RMD #S0223:

- $G > 1000$
- $QE = 65\%$ (> 530 nm)
- 5ns risetime
- High bias voltage (1850V) $\rightarrow$ difficult to stabilize
- G very sensitive to V and T variations

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta G}{G} = 75 \cdot \frac{\Delta V}{V} \\ \frac{\Delta G}{G} = 17 \cdot \frac{\Delta T}{T} \end{array} \right.$$

- Hamamatsu APDs have lower gain (few 100), bias voltage 400- 500 V

Geiger mode APDs:

- **MPPC (Hamamatsu), SiPM (FBK-IRST)**

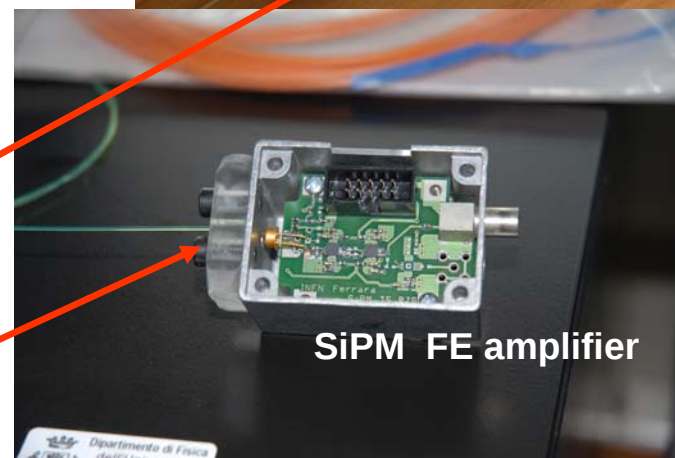
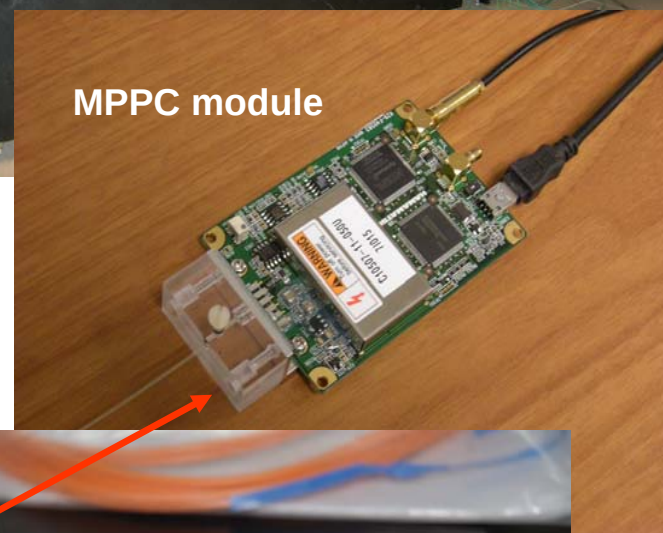
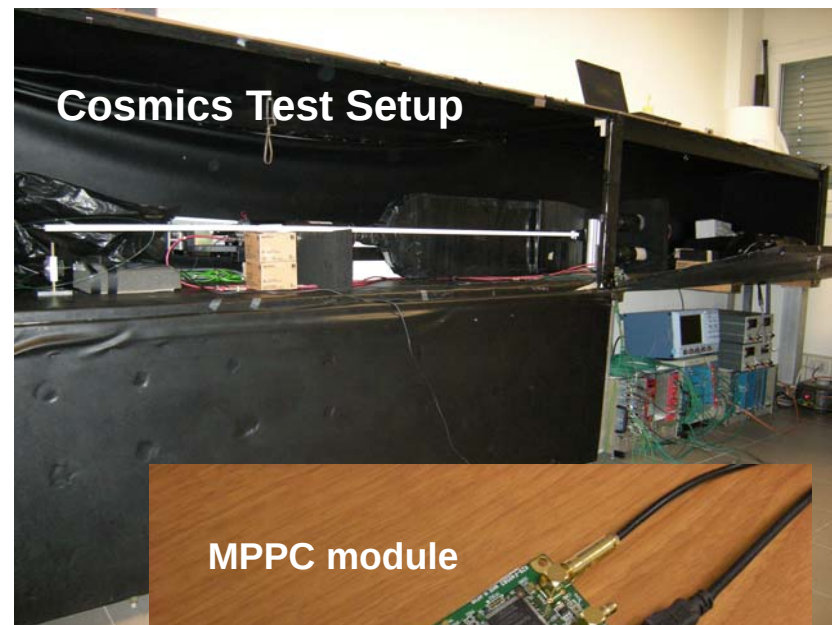
- $G > 10^5$
- $DE \approx 40\%$ (530nm) ($DE = Q.E \times \text{Fill factor} \times \text{Avalanche probability}$)
- ~ 1 ns risetime
- $\approx$ **10 times less sensitive to V and T variations**
- Low bias voltage (30-70V)
- Dark current rate @ room temperature :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta G}{G} = 7 \cdot \frac{\Delta V}{V} \\ \frac{\Delta G}{G} = 1.3 \cdot \frac{\Delta T}{T} \end{array} \right.$$

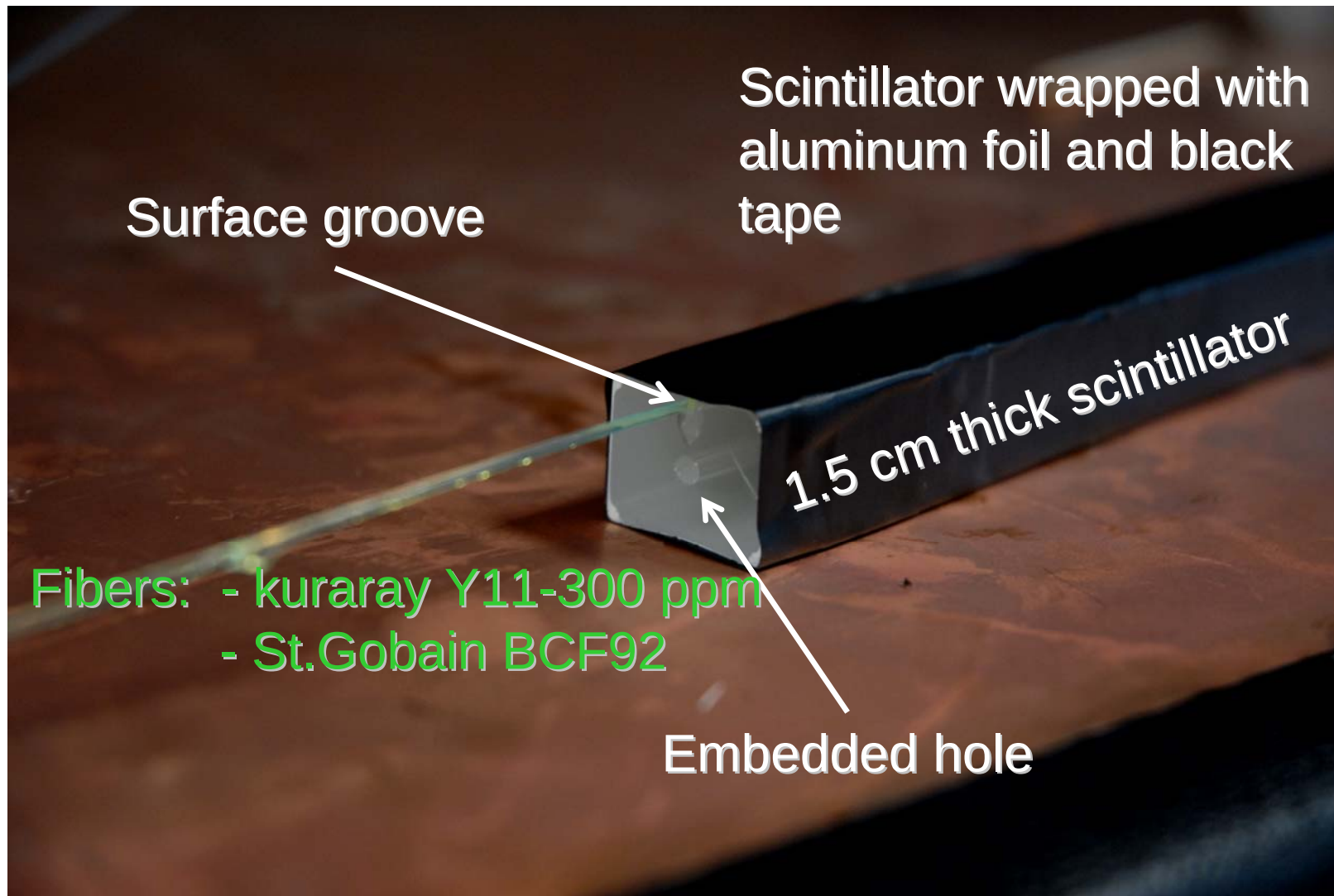
$\left\{ \begin{array}{l} 100\text{s of kHz thr} = 0.5 \text{ phe} \\ 10\text{s of kHz if thr} = 1.5 \text{ phe} \end{array} \right.$

Cosmic ray test setup

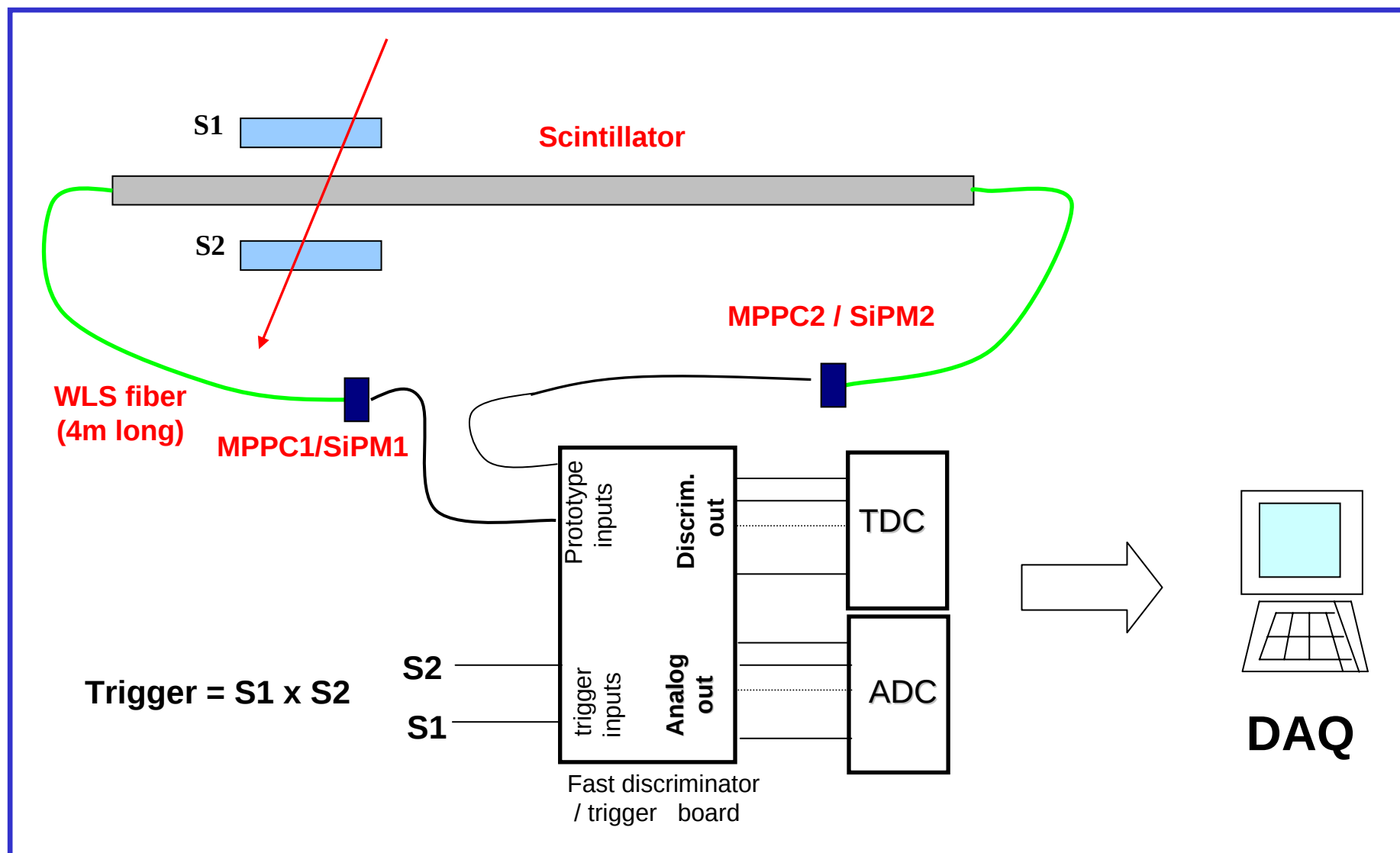
- Tests with cosmics
- scintillator: **1.5cmx2.0cm**, with **one embedded hole** (one fiber)
- Same scintillator with a **surface groove**
- WLS fibers: **Saint Gobain BCF92**, and **kuraray Y11 – 300ppm**
 - $\phi = 1\text{mm}$, $\approx 4\text{m}$ long
- **Fibers Readout:**
 1. MPPC “*plug and play*” module (Hamamatsu), 1.2mm active area
 2. SiPM with custom FE amplifiers



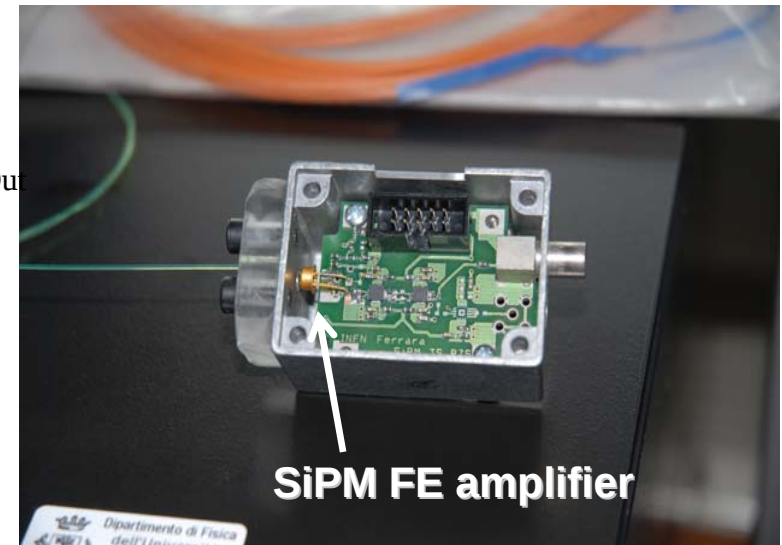
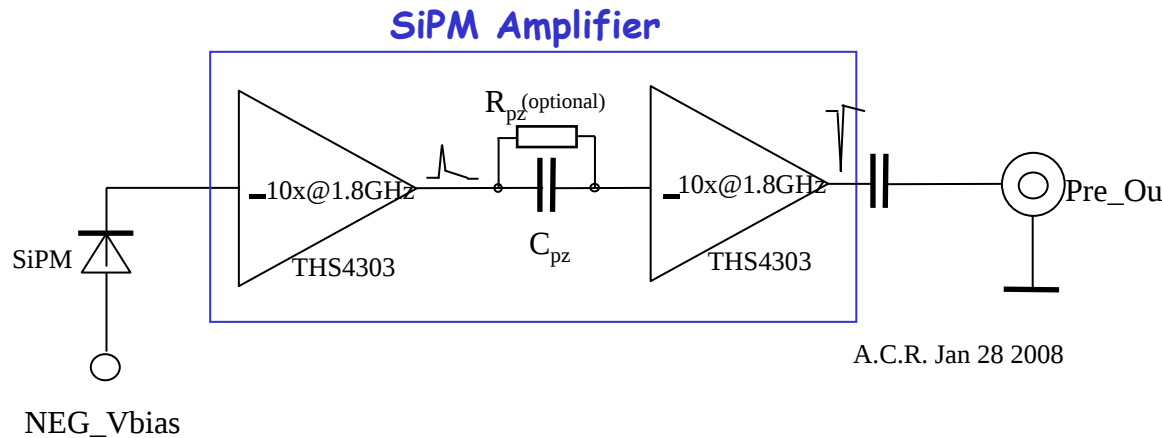
Bar prototype



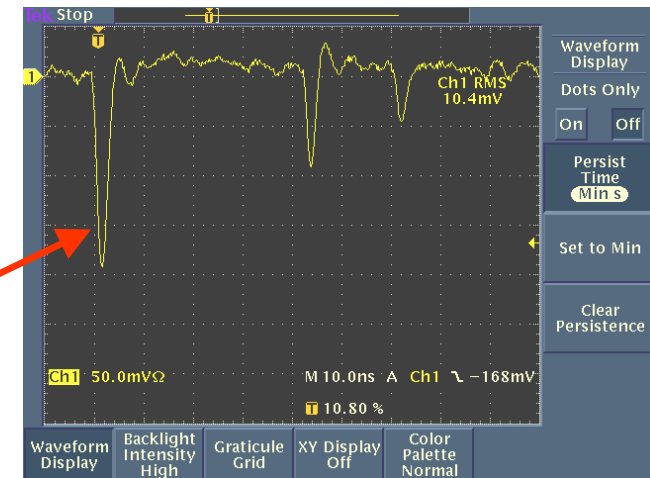
Experimental setup



Front End Electronics: SiPM Amplifier



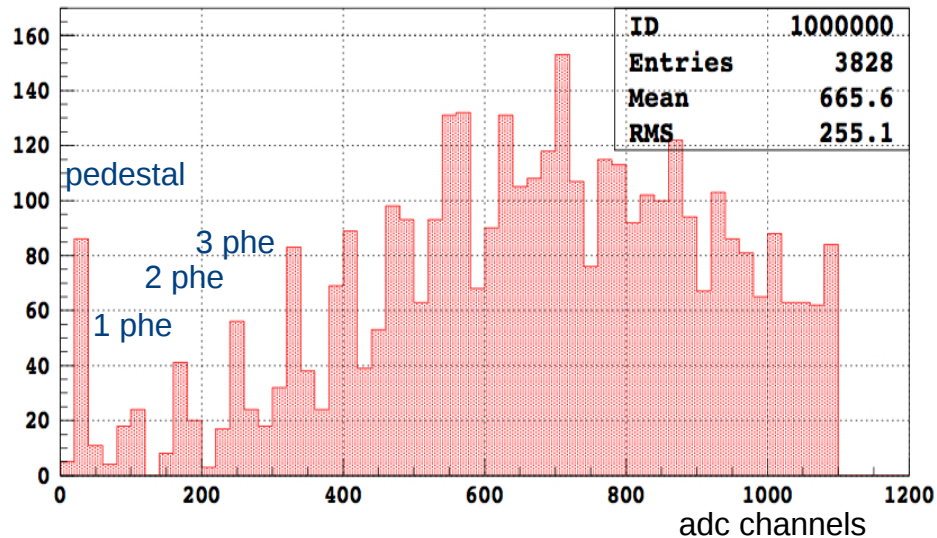
- The MPPC modules comes with (unknown) FE electronics
- For the SiPM devices a prototype amplifier has been developed based on commercial Texas Instrument THS4303 fast amplifier
- The idea is to preserve as much as possible the very fast leading edge of the SiPM signal ($\sim 200\text{psec}$) to minimize the time spread
- The combination with a fast / low jitter discriminator board can give $< 1\text{ns}$ time resolution



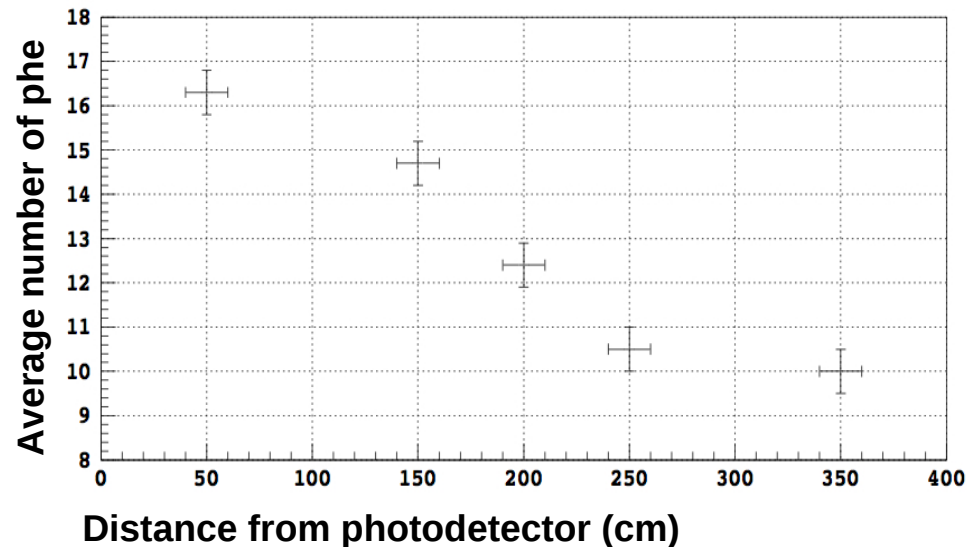
Light Yield

fiber: Saint-Gobain

ADC spectrum for MPPC 350 cm far from the trigger



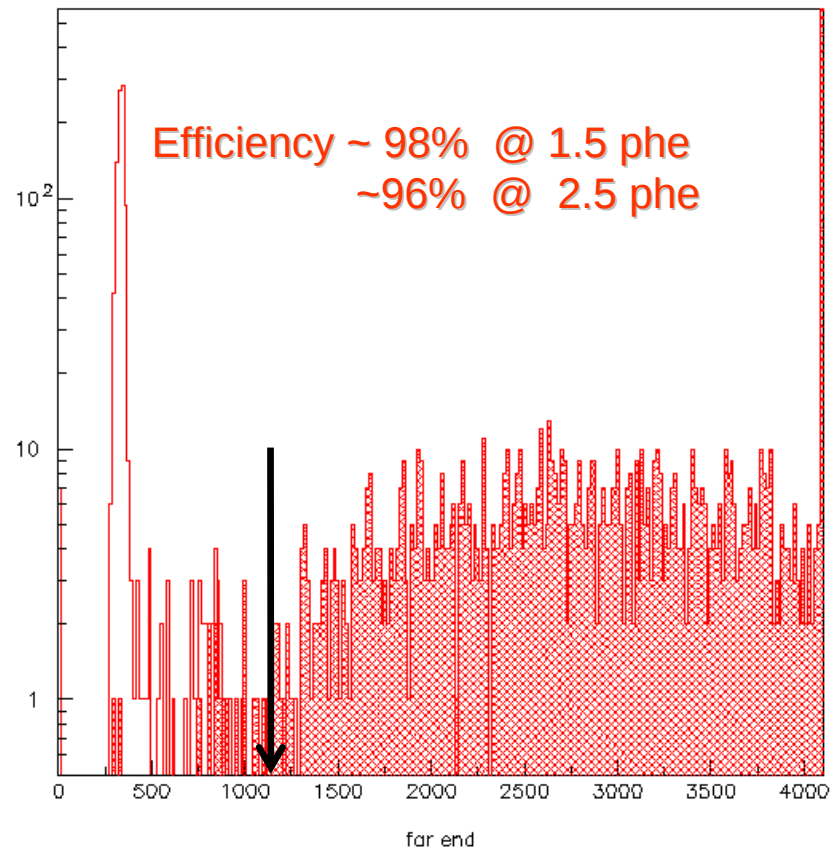
Average number of phe:
~ 9 at maximum distance



Detection efficiency:

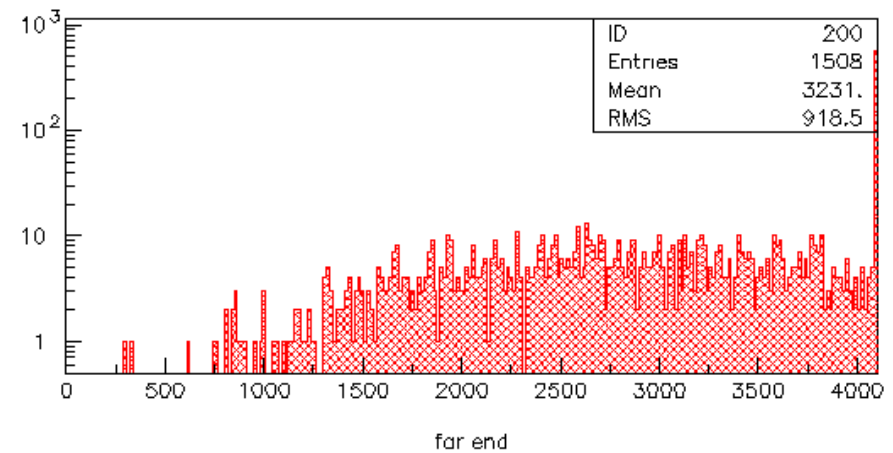
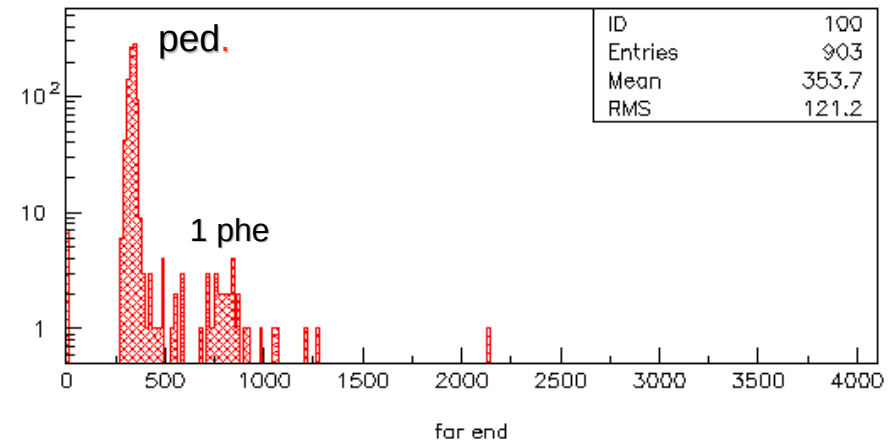
- ~96% @ 1.5 phe
- ~94% @ 2.5 phe

Light yield



ADC spectrum 350 cm far from the trigger

Fiber: Kuraray



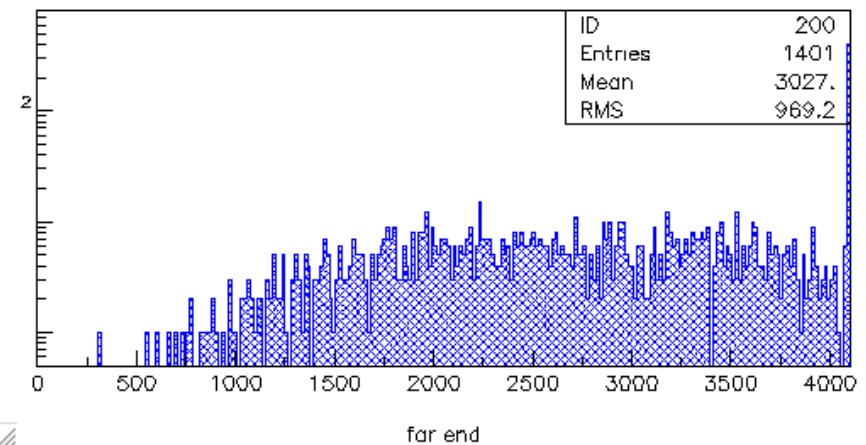
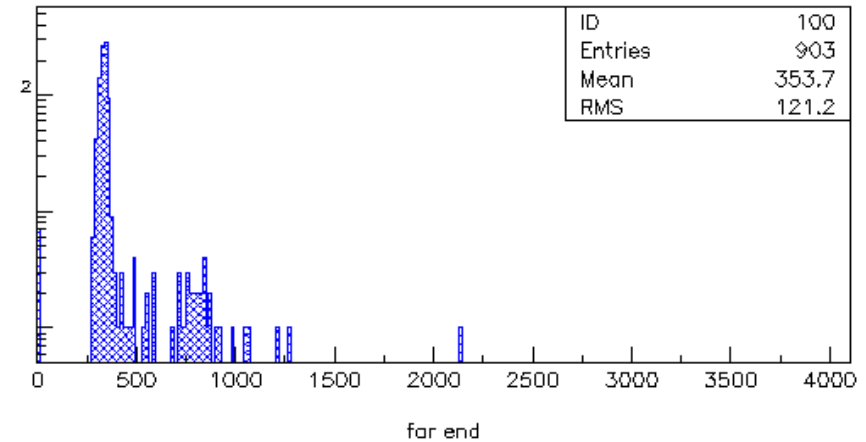
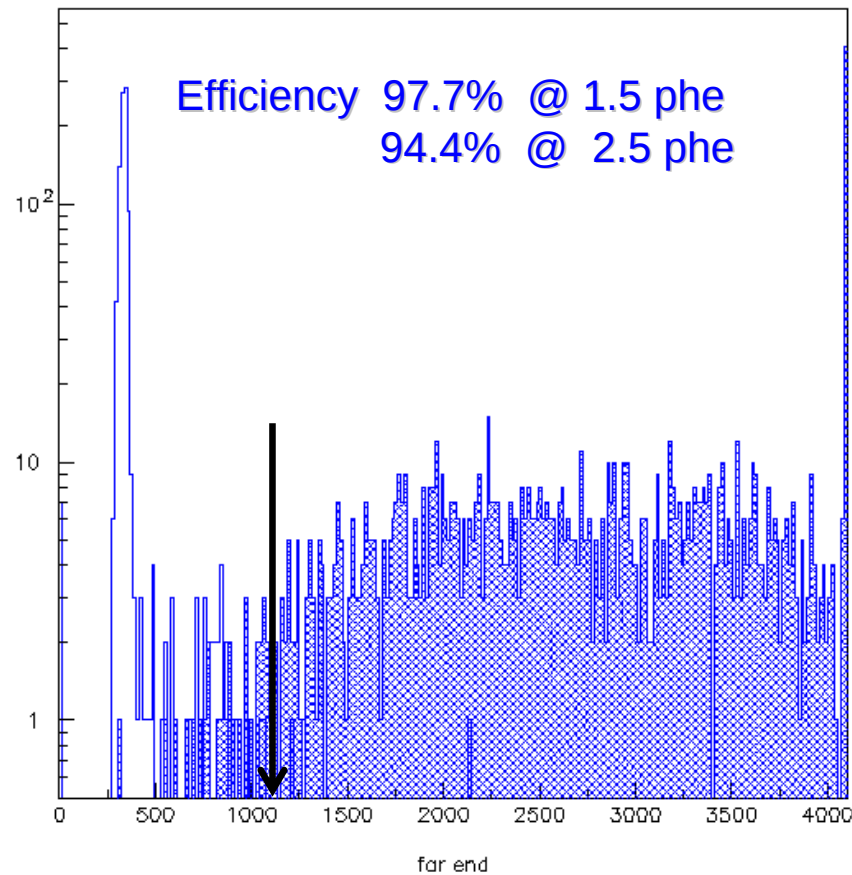
Separate plots for pedestal and signal



ADC spectra for a kuraray Y11-300 fiber about 4 m long in an embedded hole

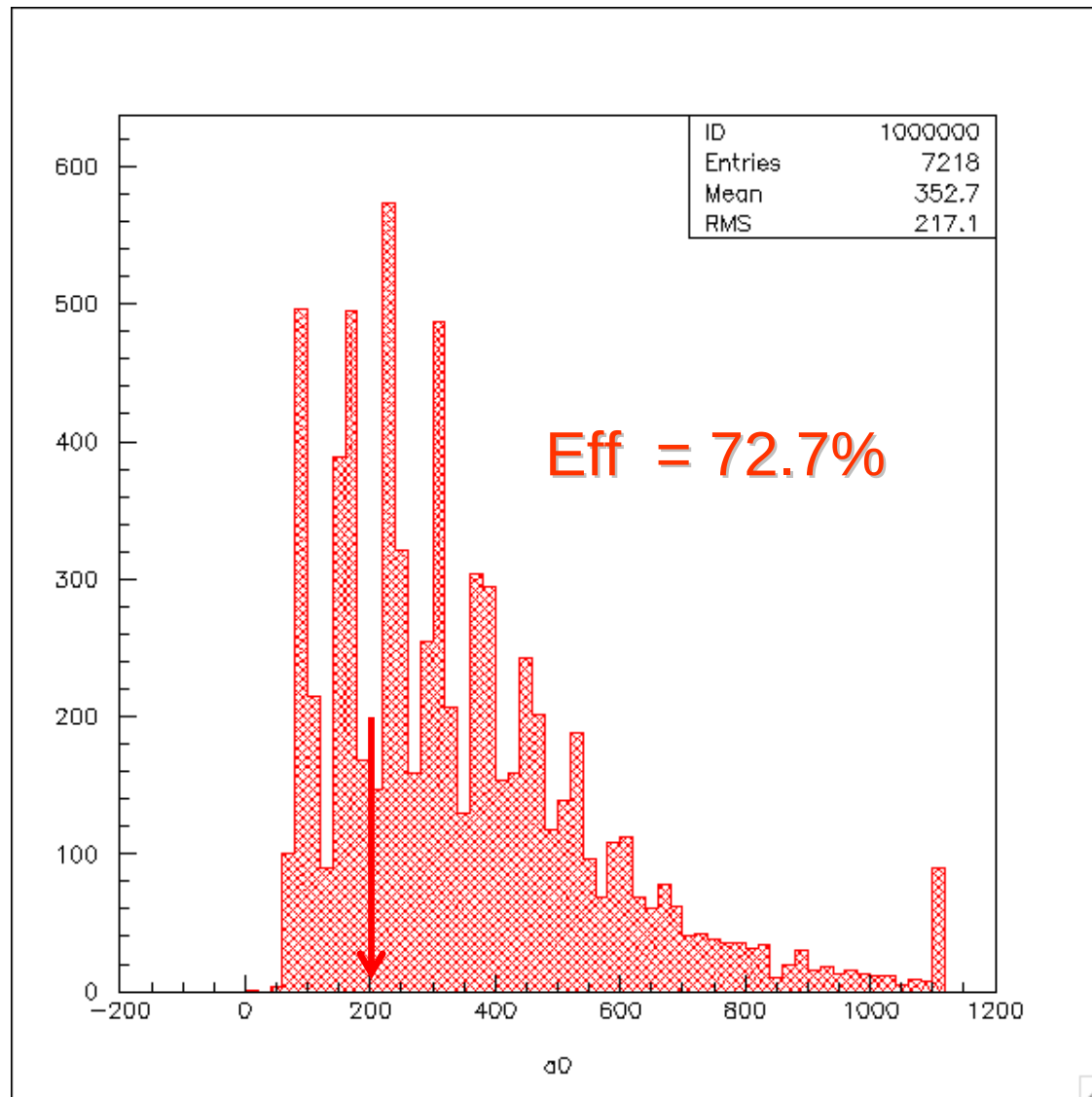
Light yield

fiber kuraray



ADC spectra for a kuraray Y11-300 fiber about 4 m long in a surface groove

Thinner scintillator



- 1.0 cm scintillator and Saint-Gobain fiber on a surface groove
- Low light yield at the far end (~ 4 m)
- Detection efficiency less than 73% @ 1.5 phe
- With only one fiber at least 1.5 cm scintillator is needed

Efficiency studies status

Kuraray fibers give little more light which translates into an efficiency a few % higher

The fiber placed in a surface groove (instead of the embedded hole) gives an efficiency just about 1-2 % lower

- **Fnal 1cm thick** scintillator with a **single fiber** shows an efficiency > 99% taking the sum/OR of both ends. Reading the far end alone anyway, the eff. is <90% (e.g. in case of a broken SiPM..)
- with **2 fibers** readout (on separate grooves) efficiency is always better than 98%, the mechanics is somehow complicated. For the moment this measurement has been done by summing up the signals of two single SiPM
- Measurements with two fibers in the same groove and 2x2 mm² SiPM will be done soon (we have now the SiPM, we need some mechanics for the optical coupling)

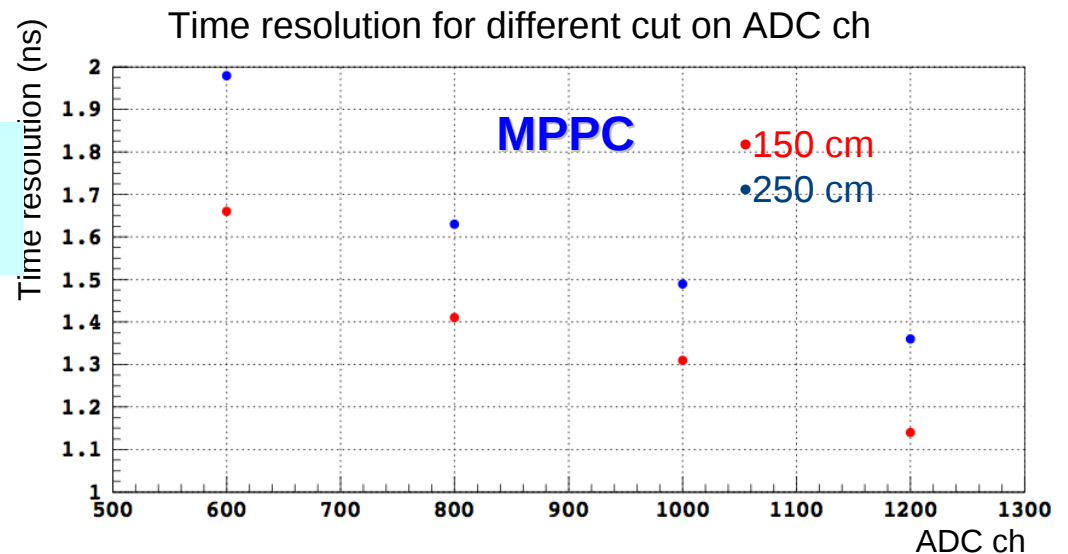
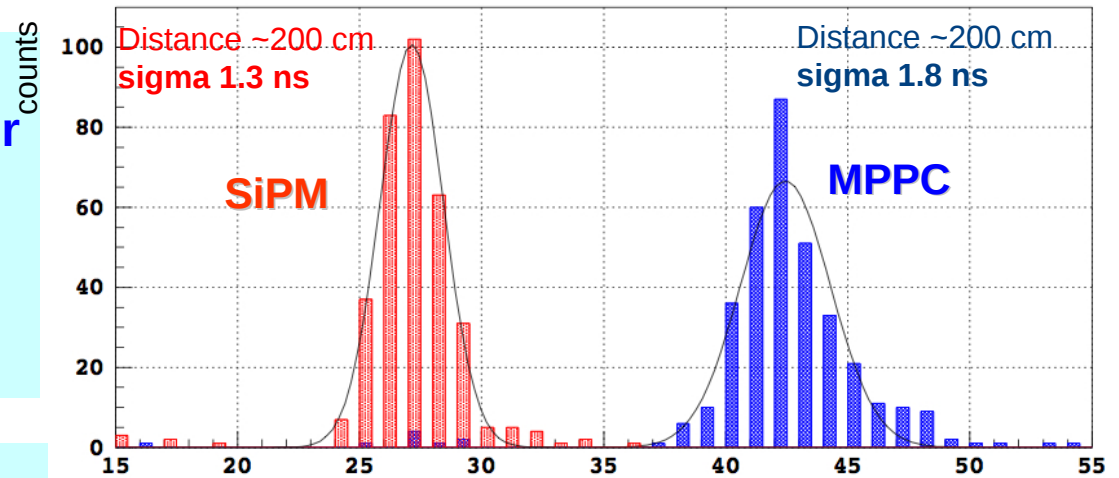
Time resolution first results

- For these first measurements **no constant fraction discriminator** was used because we wanted to understand how the time resolution depends on the strength of the signal

- 15 cm scintillators has been used in the trigger

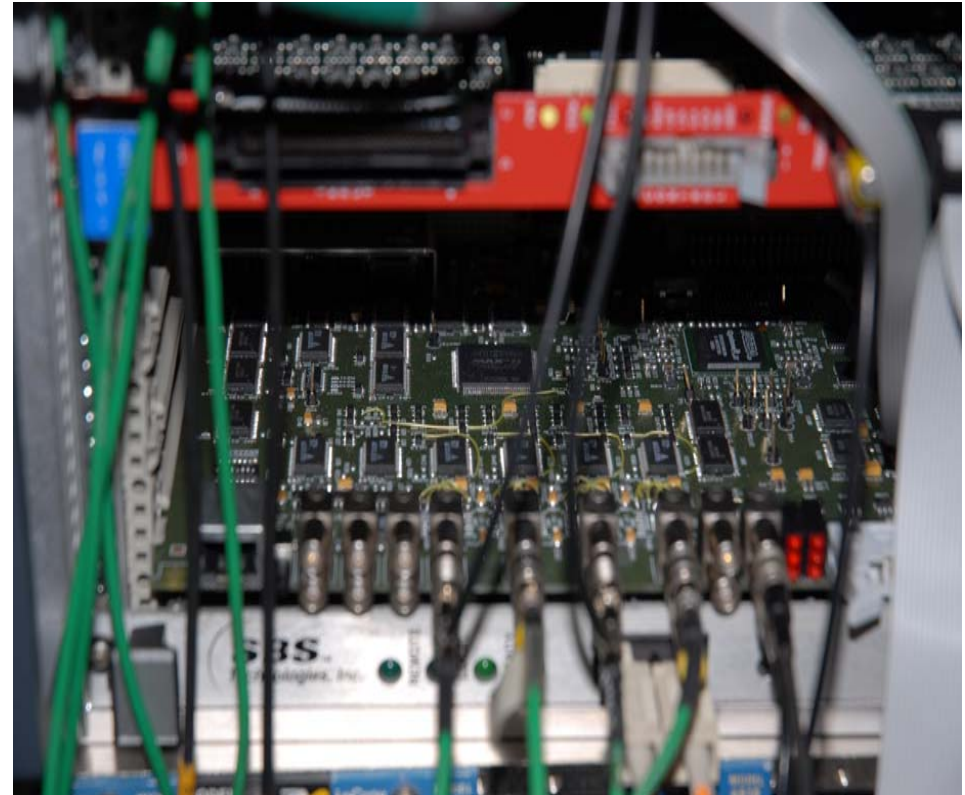
- Time measured with respect to the trigger signal (common start)

- A single hit TDC was used

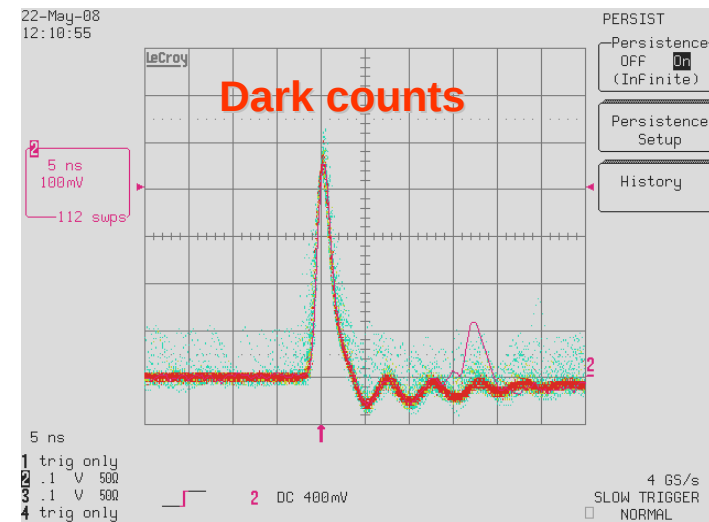
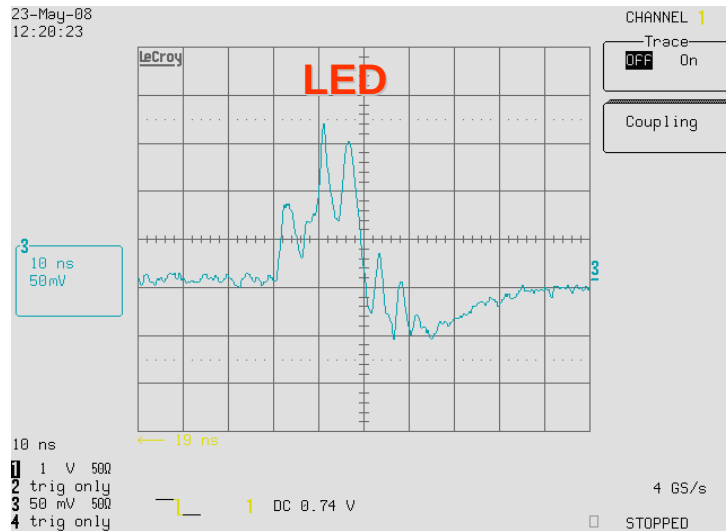
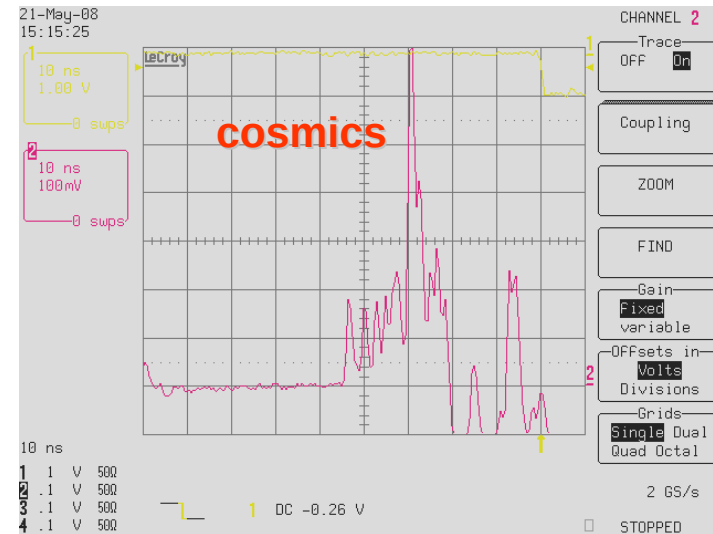
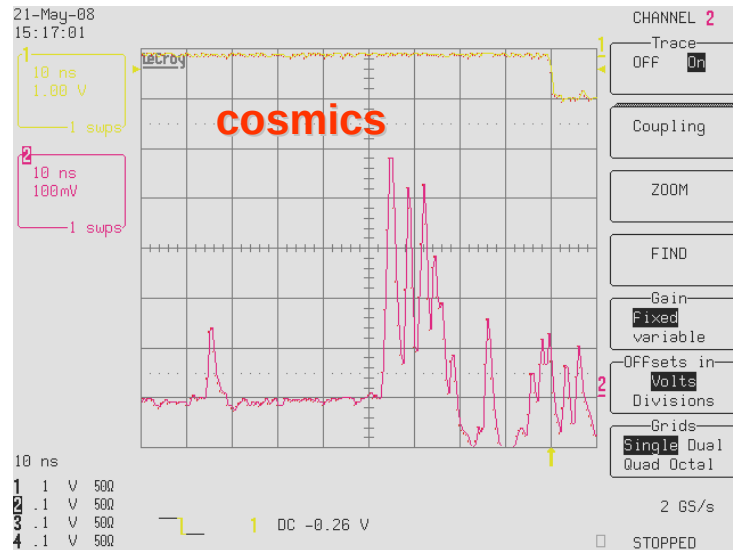


Time resolution studies update

- time resolution studies are ongoing using fast discriminator board with programmable thresholds
- for each input the board provides outputs at different thresholds
- The idea is to use a high (2.5 p.e.) threshold to reduce noise and a lower threshold to have precise timing
- 5 cm scintillators has been used in the trigger to have a precise time reference
- A Multi-hit TDC (caen 1190A) is now used
- SiPM signal shows multiple hits, not easy to deal with....

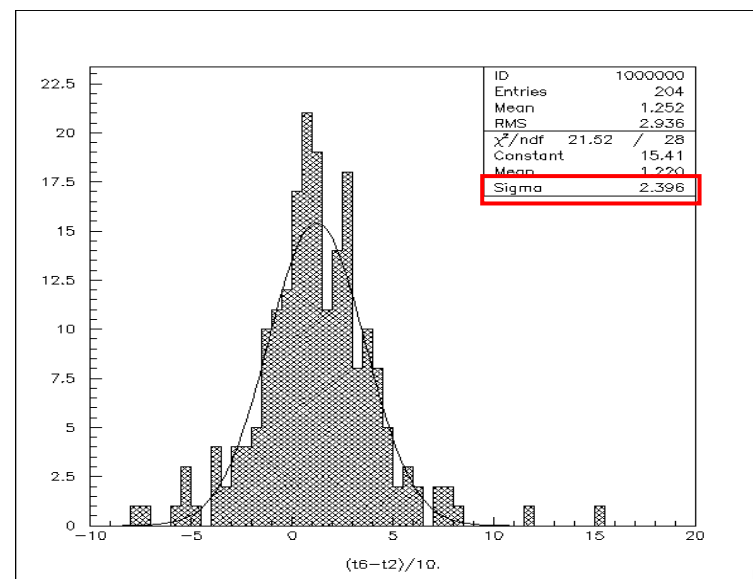
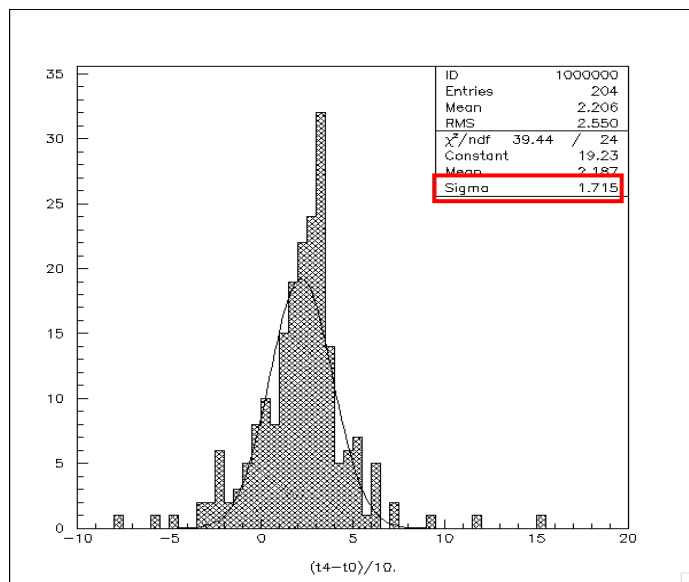


A sample of signals.....



This peculiar signal shape is related to the external light signal

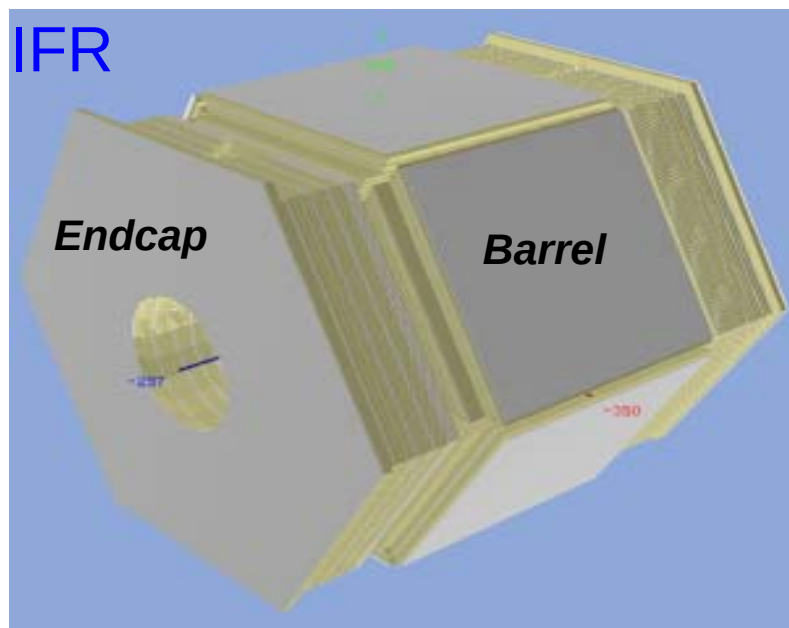
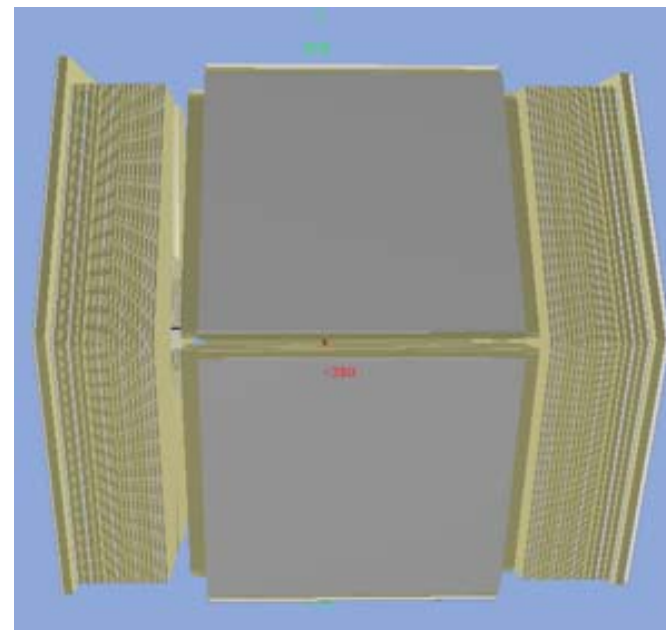
So what we get is.....



- Time distributions (especially at high thresholds) show peaks due to the shape of the signal
- fitting the main peak only we obtain better than 1 ns resolution
- The first peak gives the correct time, we are working on algorithms to extract that information from all kinds of signals...
- Signal shape doesn't depend on bias voltage, possible temperature effects will be investigated

Simulazioni MC dell'IFR e dell'intero rivelatore

- Si utilizzano **GEANT4** ed programmi Monte Carlo (Pravda) per la simulazione del rivelatore e dei fondi macchina, utilizzando in parte tool sviluppati per BaBar
- La geometria del rivelatore e' gia' stata implementata schematicamente
- Si sta lavorando sulla simulazione dell'intero rivelatore necessaria per il preciso dimensionamento e l'ottimizzazione dell'IFR



- Una volta inserita la segmentazione dei layer attivi verranno fatti studi approfonditi per ottimizzare le dimensioni delle singole celle

SuperB IFR path to TDR

For the TDR:

- Simulation → requested detector performance
- Detector Design
 - Scintillator
 - Fiber
 - Photodetector: time resolution, afterpulses, noise, radiation hardness
 - Electronics + DAQ
 - Preliminary Detector Layout, including preliminary mechanics/detector integration (Summer/Fall09)
- Prototype Design → Construction (starting Fall09)
- Prototype Beam Test (Spring 2010)
- Final Layout for TDR (Summer/Fall 2010)

Istituzioni attualmente coinvolte nel rivelatore IFR:

Ferrara, Padova, Roma1

Per la realizzazione degli obiettivi previsto un forte supporto dei servizi elettronico e meccanico delle sezioni coinvolte (già in corso)

Responsabilità per la costruzione del prototipo:

FE Readout + Elettronica

PD Meccanica + Rivelatore (scintillatore + fibre)

Roma1 Test SiPM/MPPC (ageing in particolare)

Interesse a partecipare in futuro al progetto IFR manifestato da Sezione INFN di Torino, University of Liverpool, Ohio State University (da finalizzare)

Manpower

Percentuali

Ferrara 2.5 FTE

- Baldini Wander 30
- Cibinetto Gianluigi 50
- Calabrese Roberto 20
- Luppi Eleonora 20
- Andreotti Mirco 80
- Carassiti Vittore (Ing. Mecc.) 20
- Cotta Ramusino Angelo (Ing. Elettr.) 30

Padova 1.5 FTE

- Castelli Giuliano 10
- Feltresi Enrico 20
- Morandin Mauro 20
- Posocco Mario 20
- Rotondo Marcello 20
- Stroili Roberto 10
- Benettoni Massimo (Ing. Mecc.) 20
- Dal Corso Flavio (Ing. Elettr.) 10
- Fanin Claudio (Ing. Mecc.) 20

Roma1 0.9 FTE

- Faccini Riccardo 30
- Martellotti Giuseppe 10
- Pinci Davide 10
- Auriemma Giulio 10
- Satriano Celestina 10
- Bocci Valerio (Ing. Elettr.) 20

Richieste 2009

FERRARA

- MI - Contatti con IRST - Trento 2.00 KE
- ME - 1 m.u. convener IFR 1 m.u. 6.7 KE
- CONSUMO
- fotorivelatori (400 canali: 300 per prototipo, 100 per test radiazione e ageing) 24.00 KE
- Elettronica di Front End IFR 28 KE

PADOVA

- MI - contatti FE + ditte per IFR 2.00 KE
- ME - missioni FNAL per controllo produzione scintillatori estrusi (IFR), missioni SLAC per ingegnerizzazioni IFR 27 KE (include richieste per PID)
- CONSUMO
- acquisto fibre per prototipo rivelatore muoni 3.00 KE
- meccanica supporto prototipo rivelatore muoni 10.00 KE
- assorbitore prototipo rivelatore muoni 5 KE
- costruzione trafilatura e produzione scintillatori a FNAL per prototipo rivelatore muoni 23.00 KE
- TRASPORTI - trasporto in Italia scintillatori estrusi da FNAL 4.00 KE

ROMA1

- CONSUMO
- Spese SiPM e Laboratorio 5.00 KE
- INVENTARIABILE
- materiale per acquisizione (TDC) 3.00 KE

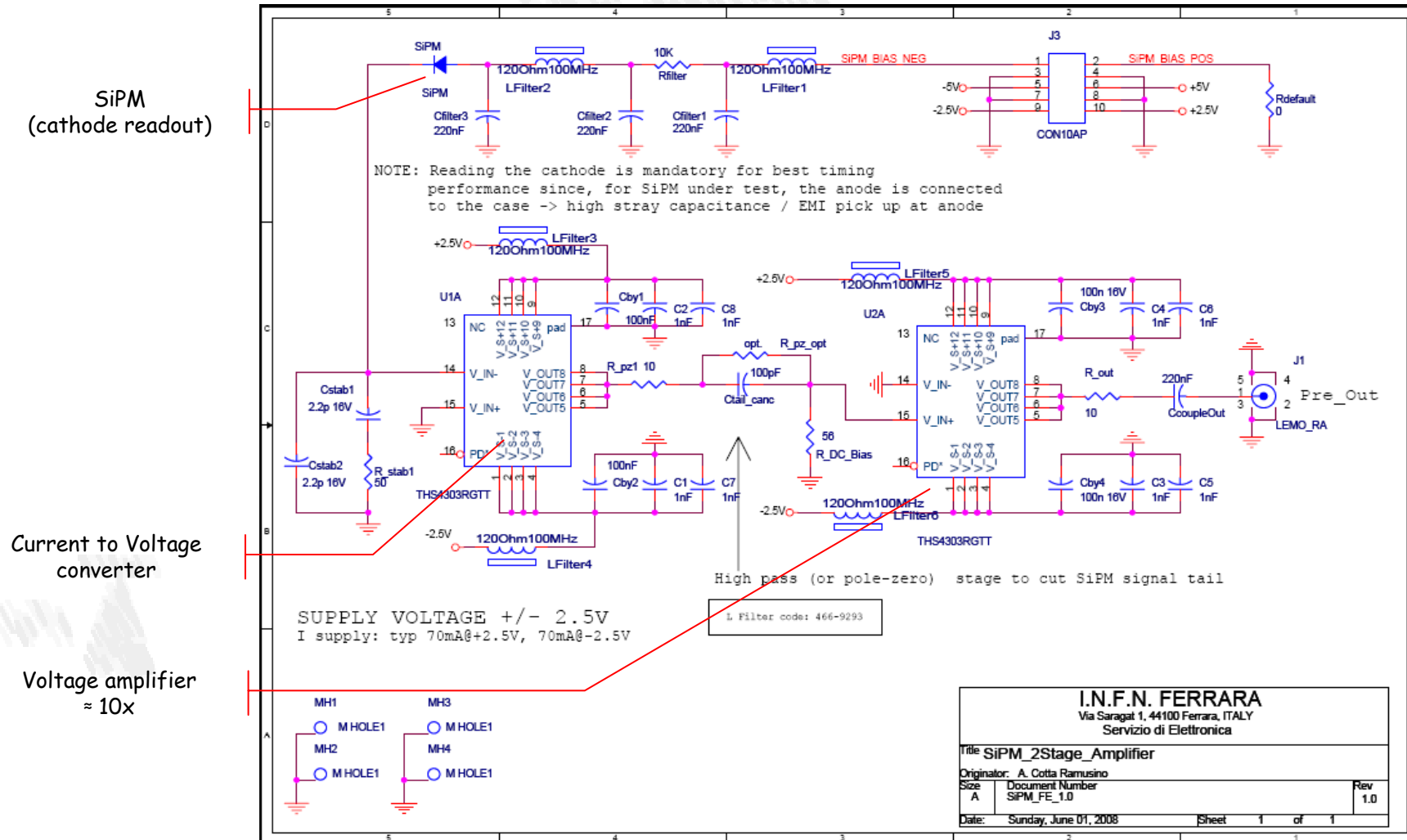
[Segue dettaglio costi elettronica](#)

Elettronica per l'equipaggiamento del prototipo di IFR detector

Sommario

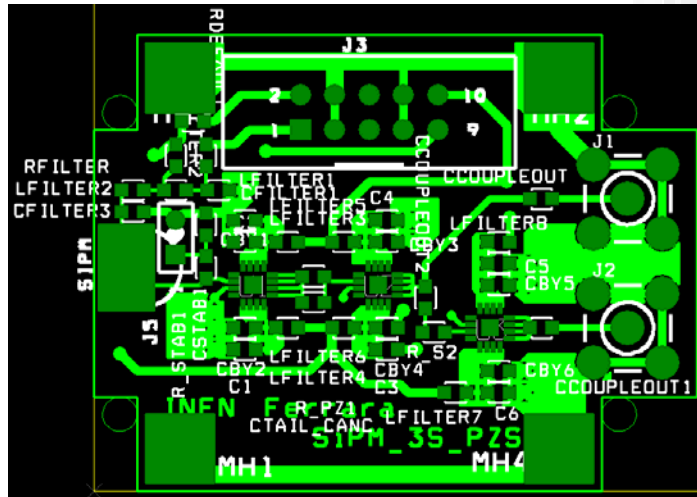
- 1) Descrizione del canale di elaborazione del segnale utilizzato per R&D a Ferrara sui rivelatori a scintillatore plastico + Wavelength Shifter fiber + SiPM (IRST o MPPC)
- 2) Descrizione del sistema di acquisizione in uso per il detector R&D a Ferrara
- 3) Giustificazione delle richieste economiche di Ferrara per l'elettronica necessaria all'equipaggiamento del prototipo di IFR detector

1) canale di elaborazione del segnale da SiPM /MPPC utilizzato per detector R&D a Ferrara

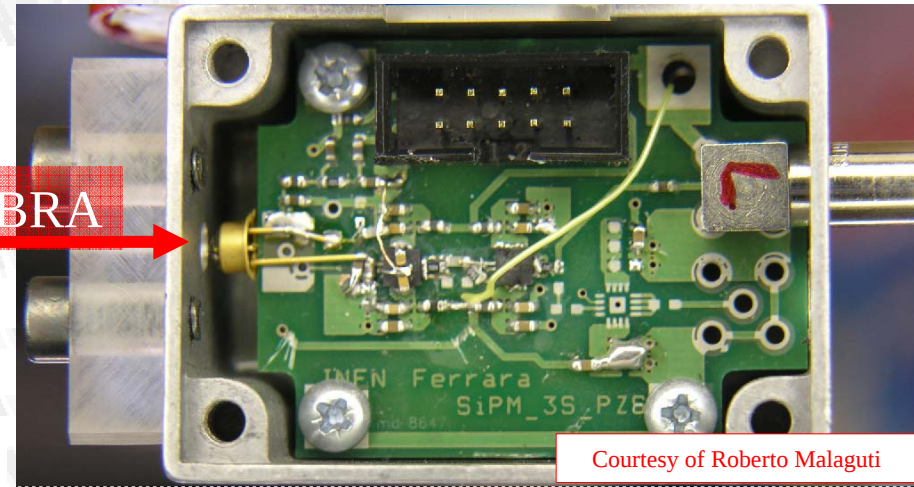


Schema elettrico del circuito, basato su operazionale TEXAS INSTRUMENTS **THS4303RGTT** (prodotto banda-guadagno di 18GHz), usato per preamplificare i segnali da SiPM/MPPC nella fase preliminare di detector R&D a Ferrara. Costo del **THS4303RGTT**: ≈ 3€ per quantita' di 100 pezzi

1) canale di elaborazione del segnale da SiPM /MPPC utilizzato per detector R&D a Ferrara

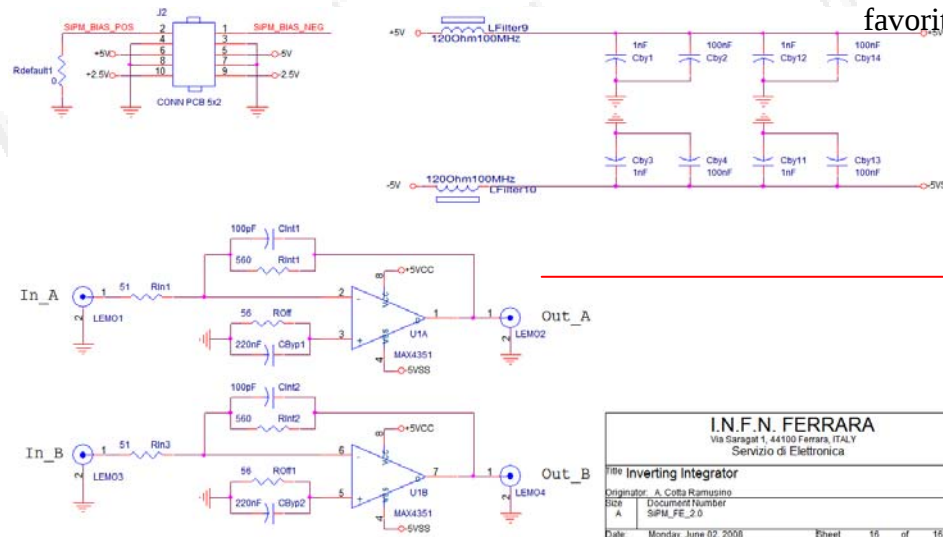


PCB del preamplificatore (Roberto Malaguti, INFN-FE)



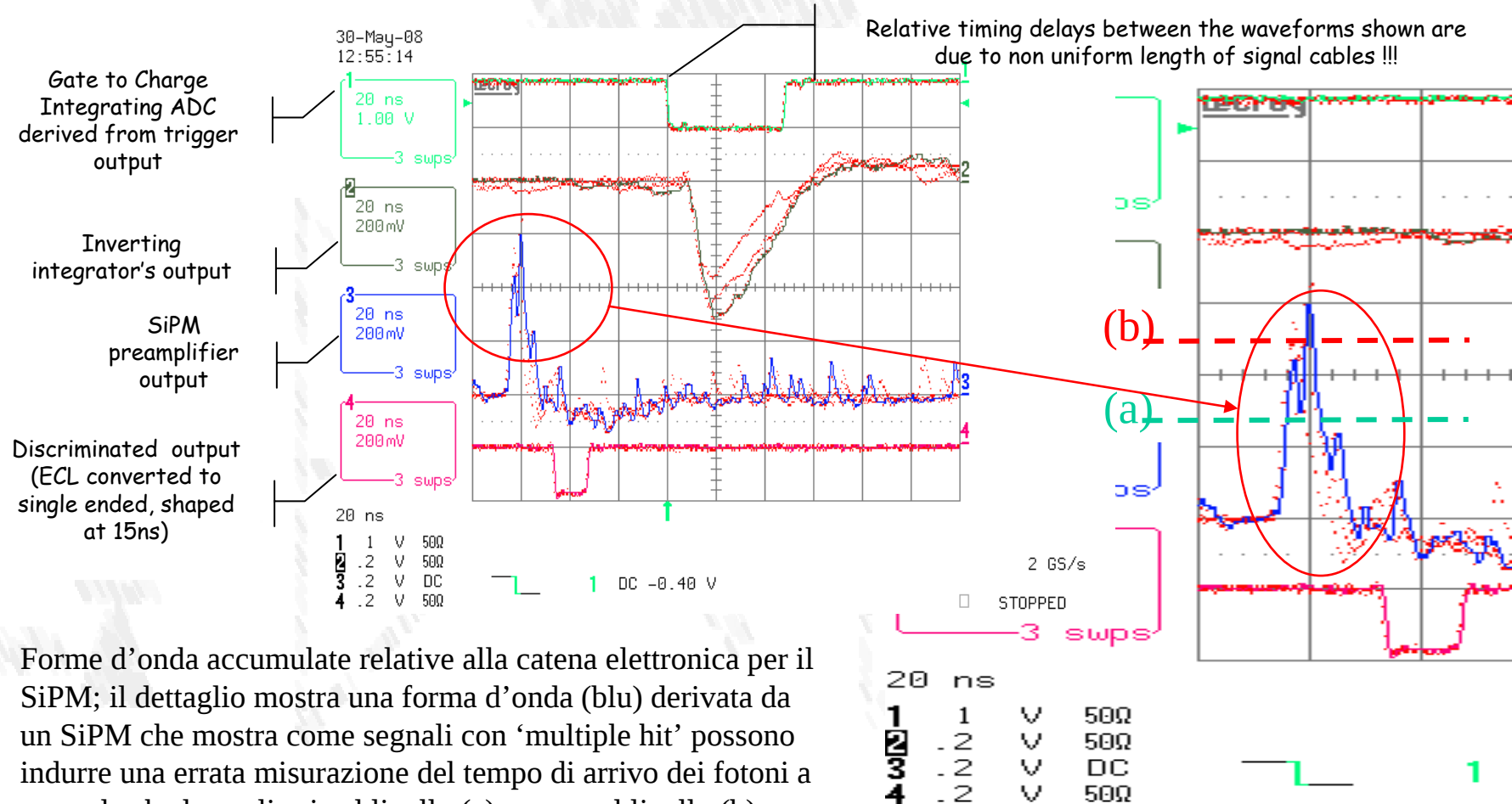
Courtesy of Roberto Malaguti

Preamplificatore per SiPM con SiPM montato: e' stato necessario introdurre qualche aggiustamento nella distribuzione di alimentazione e massa e nel layout per bloccare le oscillazioni favorite dalla larga banda passante dell'amplificatore operazionale.



Schema elettrico del circuito integratore utilizzato per adattare le caratteristiche del segnale di uscita del preamplificatore a quelle richieste dalla "charge integrating ADC" usata per ricavare lo spettro in carica del segnale di SiPM

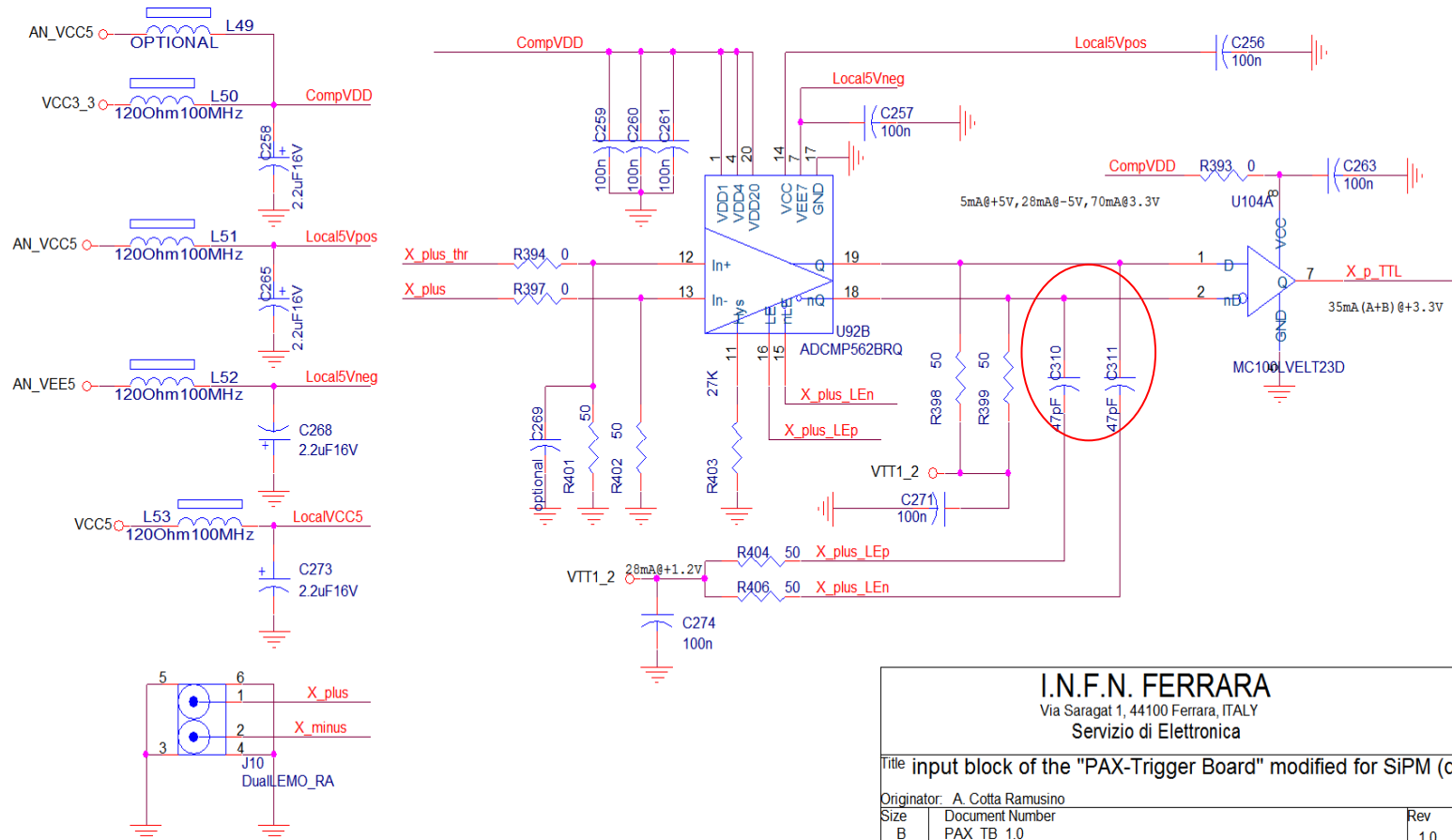
1) canale di elaborazione del segnale da SiPM /MPPC utilizzato per detector R&D a Ferrara



Forme d'onda accumulate relative alla catena elettronica per il SiPM; il dettaglio mostra una forma d'onda (blu) derivata da un SiPM che mostra come segnali con 'multiple hit' possono indurre una errata misurazione del tempo di arrivo dei fotoni a seconda che la soglia sia al livello (a) oppure al livello (b).

Per ora si prevede di affrontare il problema discriminando il segnale con due livelli di soglia: se il secondo livello viene passato si acquisiscono i tempi del secondo E del primo attraversamento, nell'ipotesi che il tempo del primo attraversamento sia piu' vicino al tempo dell'evento.

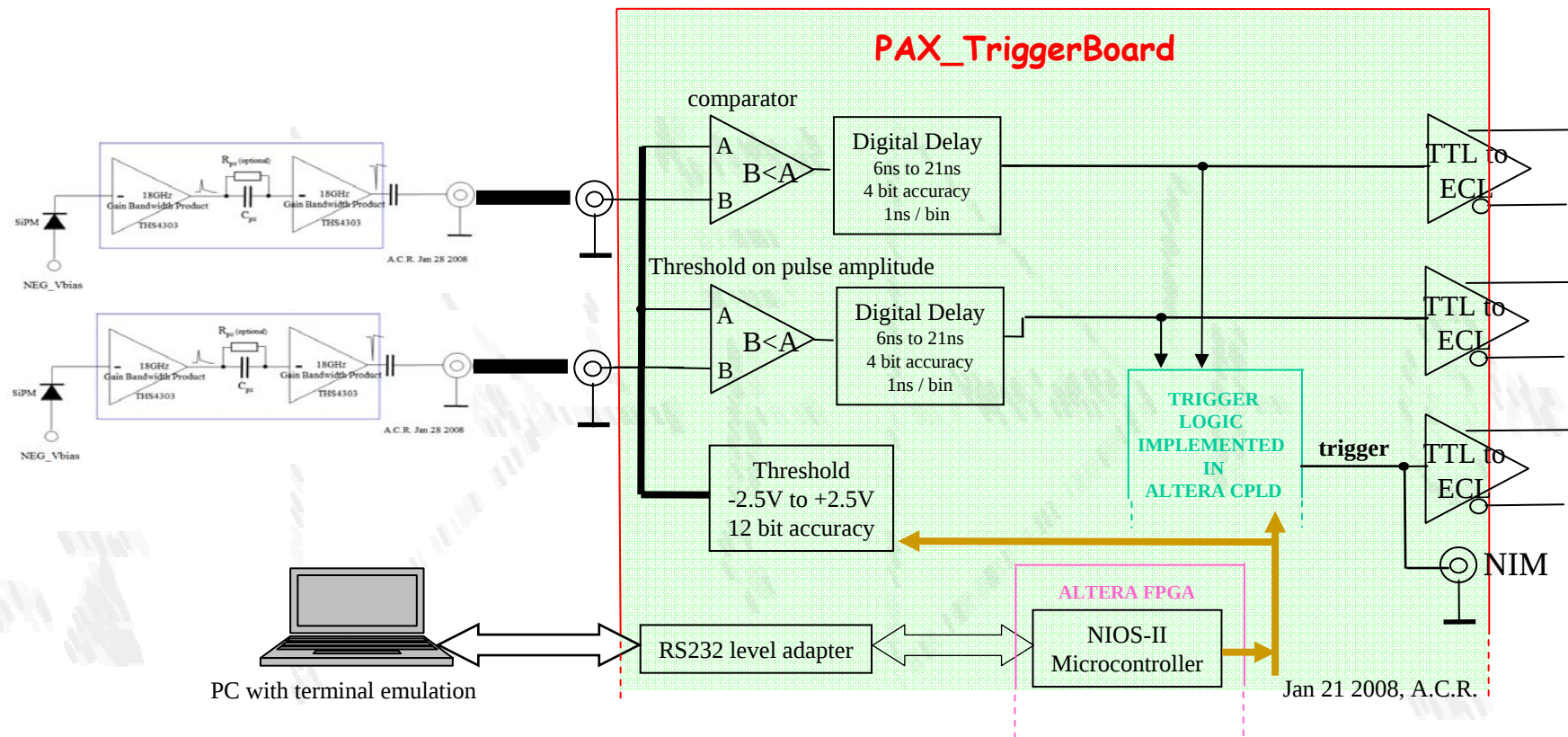
1) canale di elaborazione del segnale da SiPM /MPPC utilizzato per detector R&D a Ferrara



I.N.F.N. FERRARA Via Saragat 1, 44100 Ferrara, ITALY Servizio di Elettronica		
Title: input block of the "PAX-Trigger Board" modified for SiPM (detail)		
Originator: A. Cotta Ramusino		
Size	Document Number	Rev
B	PAX_TB_1.0	1.0
Date:	Monday, June 02, 2008	Sheet 16 of 16

Dettaglio dello schema elettrico circuitale relativo al discriminatore che e' impiegato nell'attuale canale di elaborazione del segnale da SiPM/MPPC. La rete di reazione capacitiva illustrata in figura permette di formare la risposta del discriminatore in modo da garantire una durata minima dell'uscita pari a 15ns. Il comparatore e' un **ADCMP562BRQ** con uscite differenziali PECL, propagation delay of 700ps e propagation delay dispersion of 30ps (dipendenza del propagation delay dall'ampiezza sopra soglia del segnale di ingresso). Costo: **~ 3€ per quantita' di 1000 pezzi**

1) canale di elaborazione del segnale da SiPM /MPPC utilizzato per detector R&D a Ferrara



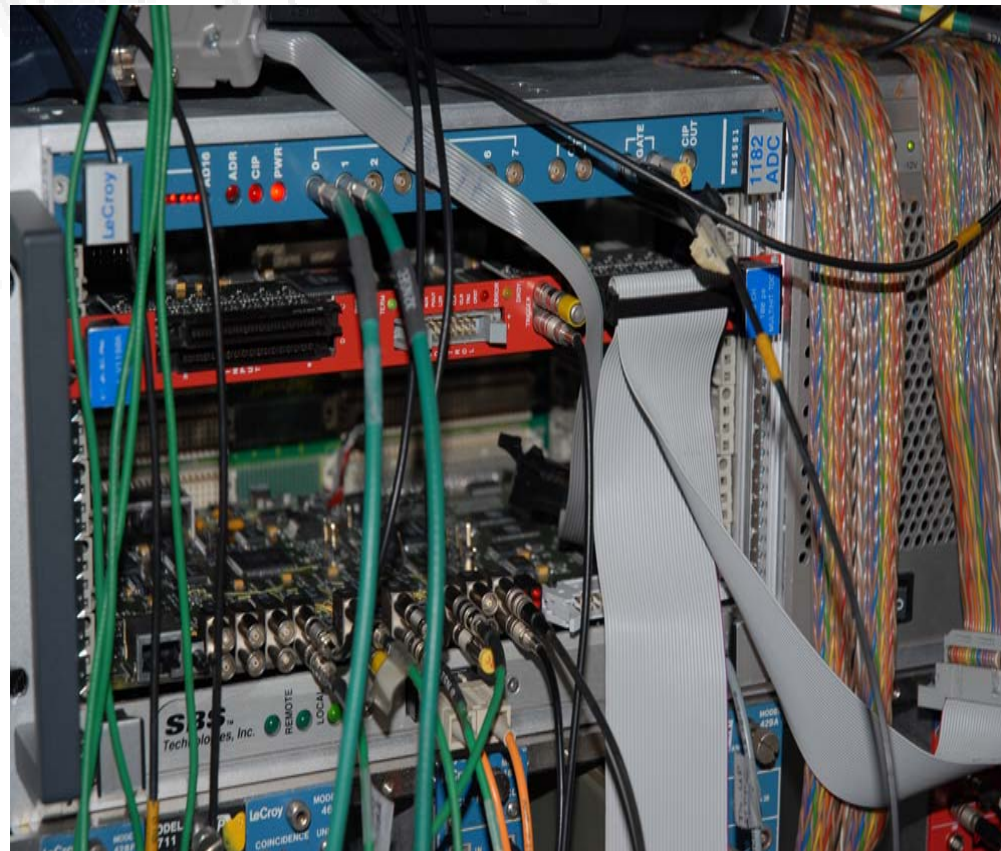
Nel sistema predisposto per il detector R&D a Ferrara e' possibile generare un trigger di combinando tra loro i segnali di piu' rivelatori attraverso una scheda (sviluppata per la collaborazione PAX) basata su comparatori ADCMP562, su linee di ritardo digitali programmabili a basso jitter e su una CPLD per l'implementazione della matrice di trigger. La scheda permette anche, con la mediazione di una FPGA ALTERA Cyclone II di programmare i livelli di soglia dei comparatori da sistema remoto attraverso una porta seriale.

2) Descrizione del sistema di acquisizione in uso per il detector R&D a Ferrara

Il sistema di acquisizione dati utilizzato per il detector R&D sfrutta schede VME controllate da un VME-PCI bridge SBS model 618 con collegamento via fibra ottica. Il programma di acquisizione e' stato sviluppato da Stefano Chiozzi, INFN – Ferrara.

Al momento il sistema si compone di:

- CAEN V1190A TDC, 100ps resolution, 128 ECL inputs
- LeCroy 1182 8 input, 12 bit, 50fC resolution charge integrating ADC



3) Giustificazione delle richieste economiche di Ferrara per l'elettronica necessaria all'equipaggiamento del prototipo di IFR detector

Caratteristiche del prototipo di IFR detector:

8 strati attivi in totale di cui:

- 5 strati di rivelatore:

- costituiti da 2 matrici ortogonali sovrapposte di 10 elementi (di sezione 1cm x 4cm) ciascuna
- letti con una catena di elaborazione costituita da un latch per ogni sensore (un sensore per ogni lato dello scintillatore), resettato dopo la lettura conseguente al trigger
- in questi strati la coordinata dell'hit e' data dall'intersezione degli scintillatori attivi
- 100 scintillatori → 200 amplificatori (400 THS4303RGTT) → 200 comparatori e latch

- 3 strati di rivelatore:

- costituiti da 1 matrice di 10 elementi
- 2 sensori per scintillatore, letti con una catena di elaborazione che comprendera' probabilmente 2 comparatori/sensore e che termina agli ingressi della scheda TDC;
- in questi strati la coordinata dell'hit e' determinata dall'analisi dei tempi di arrivo degli impulsi alla TDC (oltre che dallo scintillatore attivo)
- 30 scintillatori → 60 amplificatori (120 THS4303RGTT) → 120 comparatori e 1 scheda TDC a 128 canali

3) Giustificazione delle richieste economiche di Ferrara per l'elettronica necessaria all'equipaggiamento del prototipo di IFR detector

Richieste economiche:

Amplificatori (520 + spare)	->2k€
Comparatori (320 + spare)	->2k€
Sviluppo di nuove PCB per sensori / amplificatori (possibilmente con montaggio dei SiPM su termostato a celle di Peltier)	->1k€
Sviluppo di nuove PCB per schede di "front end": comparatori + FPGA (per "hit latches", controllo DAC, interfaccia alla DAQ)	->5k€
Development kit per FPGA Cyclone III o Stratix + FPGA per schede di front end	->3k€
Sistemi di cablaggio per trasmissione di segnali a larga banda	->3k€
Meccanica VME e alimentatori lineari per schede di front end	->3k€
Alimentatore di precisione per la polarizzazione dei sensori	->2k€
Altra componentistica	->2k€
 TOTALE	 23k€ + IVA =28k€